

【特許請求の範囲】

【請求項1】 m ビットのデジタル信号系列に対して 2^m 個の信号点を割り当て、その中の1点を変調信号として出力する符号化多値変調方式において、相手通信装置との間で無線伝送路を介して無線伝送を行っている期間に、相手通信装置からの受信信号を基に前記無線伝送路の状態を推定するための伝送路状態推定手段と、

この伝送路状態推定器により得られた伝送路状態の推定結果に基づいて、送信すべきデジタル信号系列数 m を適応的に可変制御するための系列数制御手段と、

この系列数制御手段により制御された m ビットのデジタル信号系列を、 $j < m$ を満足する j ビットの信号系列と $i < m - j$ を満足する i ビットの信号系列とに変換し、このうちの j ビットの信号系列に対して $1 > r >$

$(m - i - 1) / (m - i)$ なる符号化率で誤り訂正符号化を行なって $m - i$ ビットの信号系列を出力する誤り訂正符号化手段と、

前記伝送路状態推定器により得られた伝送路状態の推定結果に基づいて適応的に変調方式を選択し、前記誤り訂正符号化手段から出力された $m - i$ ビットの信号系列および前記 i ビットの信号系列に対し、前記選択した変調方式に応じたマッピング処理を行なって 2^m 値変調信号を出力するための適応多値変調マッピング手段とを具備したことを特徴とするデジタル移動通信システムの符号化多値変調方式。

【請求項2】 誤り訂正符号化手段は、 j ビットの信号系列に対して $1 > r > (m - i - 1) / (m - i)$ なる符号化率で畳み込み符号化を行なった後、インタリーブを行なうことを特徴とする請求項1記載のデジタル移動通信システムの符号化多値変調方式。

【請求項3】 適応多値変調マッピング手段は、ダブルグレーマッピング法に従ってマッピング処理を行なうことを特徴とする請求項1記載のデジタル移動通信システムの符号化多値変調方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、デジタル携帯電話やデジタル衛星通信などのデジタル移動通信システムにおいて使用される符号化多値変調方式に関する。

【0002】

【従来の技術】無線マルチメディア通信を実現するためには、音声だけでなくデータ、画像といった大容量の情報を高信頼度にかつ高速に伝送できる情報伝送方式が必要不可欠である。特にマルチパス・フェージングやシャドウイング等が発生する劣悪な環境下で伝送を行なう場合には、その対策が重要な課題となる。

【0003】このような課題を解決するための手法の一つとして、適応変調方式が挙げられる。この方式は、マ

ルチパス・フェージングやシャドウイング等により伝送路状態が劣化する場合に、伝送路状態が良好なときにはできるだけ多くの情報を伝送し、反対に伝送路状態が劣化すると誤り訂正能力を大きくする等して少ない情報を強く保護する方式である。

【0004】例えば、S. M. Alamouti等はPragmatic Trellis Coded Modulation方式を用いた適応MPSK方式を提案している。この方式は、伝送路の状態を伝送路状態推定器により推定し、その推定値 $\alpha(kLT)$ を情報バッファおよび適応多値変調マッピング回路に与える。そして情報バッファにおいて、伝送路状態推定値 $\alpha(kLT)$ により送信すべき情報量を制御し、かつ適応多値変調マッピング回路において上記伝送路状態推定値 $\alpha(kLT)$ に応じて変調多値数を可変して変調を行なう。情報量の制御および変調多値数の制御は次のように行なう。

【0005】(1) 伝送路状態が劣化したとき、つまり $\alpha(kLT)$ が所定のしきい値 μ_1 よりも悪いと判断されたときは、送信すべき情報を1ビットとして符号化率 $1/2$ の畳み込み符号化を行なうとともにインタリーブを行なう。そして、その出力情報に対し適応多値変調マッピング回路でQPSKマッピングを行なって、その変調信号を無線送信する。マッピングの方法には、例えば図7に示すようなダブルグレー(Double-Gray)マッピング法が用いられる。

【0006】(2) 伝送路状態推定値 $\alpha(kLT)$ がしきい値 μ_1 よりも良好で、かつしきい値 μ_2 よりも悪い場合には、送信情報を2ビットとしてそのうちの1ビットに対し上記(1)の場合と同じく符号化率 $1/2$ の畳み込み符号化およびインタリーブを行なったのち適応多値変調マッピング回路に入力し、残りのビットは符号化を行わずにそのまま適応多値変調マッピング回路に入力する。そして、適応多値変調マッピング回路において、上記各入力情報に対し8PSKマッピングを行なってその変調信号を送信する。

【0007】(3) 伝送路状態推定値 $\alpha(kLT)$ がしきい値 μ_2 を越えて状態が良い場合には、送信情報を3ビットとして、そのうちの1ビットに対し(1)の場合と同じく符号化率 $1/2$ の畳み込み符号化とインタリーブを行なったのち適応多値変調マッピング回路に入力し、残りの2ビットは符号化を行わずそのまま適応多値変調マッピング回路に入力する。そして、適応多値変調マッピング回路において、上記3ビットの情報に対し16PSKマッピングを行なってその変調信号を送信する。

【0008】このように、伝送路状態推定値 $\alpha(kLT)$ の値に応じて変調多値数を変化させることにより、伝送路状態に適した情報量を伝送することができる。この方式の詳細は、例えばIEEE TRANSACTION S ON VEHICULAR TECHNOLOGY の第VT-42巻第6号のS. M. Alamouti, S. Kallel 著の

10

20

30

40

50

論文“Adaptive Trellis Coded Multiple-Phase-Shift Keying for Rayleigh Fading Channels”に述べられている。

【0009】しかしながら、S.M. Alamouti等の方式では、送信できる情報量が変調多値数によって一意に定まるため、大容量の情報を伝送するにはその分変調多値数を多くする必要がある。しかし、マルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在するような劣悪な環境下では、最大限増やせる変調多値数に限界があるという問題があり、実用に適さない。

【0010】一方、この問題の解決を試みた方式の一つに、田中・松嶋によって提案された帯域の拡大を許容した符号化多値変調方式がある。この方式は、符号化による冗長成分を帯域の拡大に任意の拡大率で吸収させるものであり、帯域拡大率と変調多値数を設定することで比較的自由に伝送情報を制御することが可能である。この方式の詳細は、例えば IEICE TRANSACTIONS ON FUNDAMENTALS OF ELECTRONICS, COMMUNICATIONS AND COMPUTER SCIENCES 第 7 7-A 巻第 8 号の田中・松嶋著の論文“Performance of a Modified Symbol-Rate-Increased TC-2nd QAM”に記されている。

【0011】しかし、この方式はシステムを設計する際に帯域拡大率と変調多値数とを予め設定するものであるため、一旦設定すると帯域拡大率を変えることができない。このため、伝送路の品質劣化に対応することができず、マルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在する劣悪な環境下で大容量の情報を高信頼度かつ高速で伝送することが求められる無線マルチメディア通信には、そのまま適用することができない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来より提案されている方式は、いずれもマルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在する劣悪な環境下で大容量の情報を無線伝送しようとするシステムにはそのまま適用することができず、このようなシステムに適した符号化多値変調方式が望まれていた。

【0013】この発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的とするところは、マルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在する劣悪な環境下においても大容量の情報を高信頼性でかつ高速度に無線伝送できるようにし、無線マルチメディア通信に好適な符号化多値変調方式を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためにこの発明は、相手通信装置との間で無線伝送路を介して無線伝送を行なっている期間に、相手通信装置からの受信信号を基に上記無線伝送路の状態を推定し、この伝送路状態の推定結果に基づいて、送信すべきデジタル

信号系列数 m および多値変調方式を適応的に可変設定する。そして、この制御された m ビットのデジタル信号系列を、 $j < m$ を満足する j ビットの信号系列と $i < m - j$ を満足する i ビットの信号系列とに変換し、このうちの j ビットの信号系列に対して $1 > r > (m - j - 1) / (m - i)$ なる符号化率で誤り訂正符号化を行なうことによって $m - i$ ビットの信号系列を出力し、さらにこの $m - i$ ビットの信号系列および上記 i ビットの信号系列に対し、上記選択した多値変調方式に応じたマッピング処理を行なって 2^m 値変調信号を出力するようにしたものである。

【0015】またこの発明は、上記誤り訂正符号化手段において、 j ビットの信号系列に対して $1 > r > (m - i - 1) / (m - i)$ なる符号化率で畳み込み符号化を行なった後、インタリーブを行なうことを特徴とする。

【0016】さらに、適応多値変調マッピング手段において、ダブルグレーマッピング法に従ってマッピング処理を行なうことも特徴とする。したがってこの発明によれば、無線伝送中において、その伝送路の状態の変化に応じて、送信すべきデジタル信号系列数 m および多値変調方式がそれぞれ適応的に可変設定され、この可変設定された信号系列数および変調方式により伝送データが符号化多値変調されて無線送信される。すなわち、伝送路状態の推定結果に基づいて、伝送情報量および変調方式が適応的に切り替えられることになる。このため、マルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在する劣悪な環境下で無線伝送を行なう場合でも、大容量の情報を高信頼性でかつ高速度に無線伝送を行なうことが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】図 1 は、この発明に係わる符号化多値変調方式を適用したデジタル無線通信装置の送受信機部の一実施の形態を示す回路ブロック図である。同図において、図示しない信号処理部から出力された情報ビット列は、情報バッファ 1 を介して符号化・変調部 2 に入力される。この符号化・変調部 2 はトレリス符号化器・インタリーブ 3 および適応多値変調マッピング回路 4 を備え、これらの回路 3, 4 において上記入力情報ビット列に対しそれぞれ誤り訂正符号化とインタリーブ、および多値変調マッピングが行なわれ、これにより符号化多値変調信号が生成される。そして、この符号化多値変調信号は無線送信回路 5 に入力され、この無線送信回路 5 で無線チャネル周波数に周波数変換されかつ所定の送信電力に増幅されたのち、図示しないアンテナに供給されてこのアンテナから無線伝送路へ向け送信される。

【0018】これに対し無線伝送路を介して伝送された無線信号は、図示しないアンテナおよび受信回路で受信されさらに中間周波数またはベースバンド周波数に周波数変換されたのち復調器 6 に入力される。復調器 6 では上記受信信号の復調処理が行なわれる。復調信号は、デ

10

20

30

40

50

インタリーバ7でデインタリーブされたのちトレリス復号器8で復号処理され、しかるのちデータ整列回路7で原情報ビット列に整列し直されて図示しない信号処理回路に供給される。

【0019】ところで、上記復調器6は受信信号の振幅値を検出するための振幅検出部を有しており、この振幅検出部で検出された受信振幅値ISは伝送路状態推定器10に入力される。伝送路状態推定器10は、上記受信振幅値ISに基づいて無線伝送路の伝送路状態を推定する。このとき、無線伝送方式として上り伝送路と下り伝送路とを同一周波数上で時分割多重して伝送するTDD (time division duplex) 方式を採用している場合には、下り伝送路を介して到来した受信信号の振幅値を検出することで、上り伝送路の伝送路状態を高精度に推定することが可能である。伝送路状態推定器10により得られた伝送路状態推定値FSは、上記情報バッファ1、トレリス符号化器・インタリーバ3および適応多値変調マッピング回路4にそれぞれ供給される。

【0020】情報バッファ1は、上記伝送路状態推定値FSに基づいて、送信すべき情報のビット数mを設定し、mR₀ [bps] の伝送速度を有するデジタル信号系

$$\frac{m-i-1}{m-i} < r < 1$$

【0024】畳み込み符号化器32により畳み込み符号化された信号系列c_{i+1} ~ c_mは、インタリーバ33でインタリーブされて信号系列d_{i+1} ~ d_mとなったのち、適応多値変調マッピング回路4に入力される。

【0025】適応多値変調マッピング回路4は、上記伝送路状態推定器10から供給された伝送路状態推定値FSに基づいて変調方式を適応的に設定し、上記入力された信号系列a₁ ~ a_i および信号系列d_{i+1} ~ d_mに対し、上記設定した変調方式に応じたマッピング処理を行

$$i R_1 = r (m-i) R_2$$

が成り立つ。また、速度変換器31への入力データの速度と、速度変換後の各信号系列a₁ ~ a_i、b₁ ~ b_jの速度との和は等しいことから、

$$i R_1 + i R_2 = m R_0$$

が成り立つ。したがって、上記第(2)式および第(3)式よりR₁、R₂はそれぞれ

$$R_1 = \frac{m(m-i)r}{j\{(m-i)r+i\}} R_0 \quad \dots (4)$$

$$R_2 = \frac{m}{(m-i)r+i} R_0 \quad \dots (5)$$

のように表される。また、このとき帯域拡大率は、

【0030】

$$\frac{R_2}{R_0} = \frac{m}{(m-i)r+i} \quad \dots (6)$$

列を出力する。

【0021】トレリス符号化器・インタリーバ3は、図2に示すごとく速度変換器31と、畳み込み符号化器32と、インタリーバ33とから構成される。このうち先ず速度変換器31は、上記mR₀ [bps] のデジタル信号系列を、R₁ [bps] の速度を有するjビット(j < m)の信号系列b₁ ~ b_jと、R₂ [bps] の速度を有するiビット(i < m-j)の信号系列a₁ ~ a_iとに変換する。そして、信号系列a₁ ~ a_iを適応多値変調マッピング回路4にそのまま供給し、一方信号系列b₁ ~ b_jを畳み込み符号化器32に供給する。なお、iの値は伝送路状態推定器10から供給された伝送路状態推定値FSに基づいて可変設定される。

【0022】畳み込み符号化器32は、上記速度変換器31から出力された信号系列b₁ ~ b_jに対し予め定められた符号化率rの畳み込み符号化を行なう。ここで符号化率rは、次式に示す条件を満たすように設定される。

【0023】

【数1】

... (1)

なう。そして、mR₂ [bps] の速度を有する2^m値変調信号を出力する。

【0026】ここで、信号速度R₀、R₁、R₂の関係は次のように表わされる。すなわち、R₁ [bps] の速度を持つjビットの信号系列b₁ ~ b_jは畳み込み符号化によってR₂ [bps] の速度を持つiビットの信号系列c_{i+1} ~ c_mに変換されることから、

【0027】

【数2】

... (2)

【0028】

【数3】

... (3)

【0029】

【数4】

... (4)

【数5】

となる。

【0031】次に、以上のように構成された装置の動作を具体例を用いて説明する。この例は、畳み込み符号化器32における符号化率 r を $r = 3/4$ に設定し、畳み込み符号化に供する信号系列数 j を $j = 1$ に、また適応多値変調マッピング回路4にそのまま供給する信号系列数 i を伝送路状態推定値 FS に基づいて0, 1, 2の中から選択して設定する場合である。

【0032】通信中において、伝送路状態推定器10では受信信号の振幅値 IS を基に無線伝送路の状態の推定値 SNR , β が求められる。そして、推定値 β が予め設定されたしきい値 μ_1 , μ_2 と比較され、その比較結果が伝送路状態推定値 FS として速度変換器31および適応多値変調マッピング回路4に供給される。

【0033】速度変換器31には図4に示すような対応テーブルが予め記憶しており、速度変換器31は上記伝送路状態推定値 FS が供給されると、上記対応テーブルを用いて現在の伝送路状態に応じた信号系列数 i を選択する。例えば、いま伝送路状態推定値 FS が

$$\beta > \mu_2$$

であれば、伝送路状態は良好であるため $i = 2$ を選択する。

【0034】また適応多値変調マッピング回路4にも上記図4に示した対応テーブルが記憶しており、適応多値変調マッピング回路4はこの対応テーブルを用いて現在の伝送路状態に応じた変調方式を選択する。例えば、上記したように伝送路状態推定値 FS が $\beta > \mu_2$ であれば16PSKを選択する。

【0035】したがって、伝送路状態が良好なときには、図3に示すように速度変換器31からは2系統の信号系列 $a1$, $a2$ および1系統の信号系列 $b1$ がそれぞれ出力され、このうちの1つの信号系列 $b1$ が畳み込み符号化器32で畳み込み符号化されたのちインタリーブされる。そして、この畳み込み符号化およびインタリーブにより得られた信号系列 $d3$, $d4$ と、上記速度変換器31から出力された他の2ビットの信号系列 $a1$, $a2$ とが、適応多値変調マッピング回路4において16PSK方式に応じてマッピングされたのち送信される。

【0036】したがって、このときの周波数利用効率は、符号化率 $r = 3/4$ の畳み込み符号化器32で符号化された信号系列と、符号化が行なわれない2ビットの信号系列 $a1$, $a2$ を送信することになるため、3.5 [bit/sec/Hz]となる。

【0037】また、伝送路状態が多少劣化して伝送路状態推定値 FS が

$$\mu_1 < \beta < \mu_2$$

になったとすると、速度変換器31では $i = 1$ が選択される。また適応多値変調マッピング回路4では、上記 $\mu_1 < \beta < \mu_2$ に対応する変調方式として8PSK方式が選択される。

【0038】したがって、伝送路状態が多少劣化しているときには、速度変換器31からは1系統の信号系列 $a1$ および1系統の信号系列 $b1$ がそれぞれ出力され、このうちの1つの信号系列 $b1$ が畳み込み符号化器32で畳み込み符号化されたのちインタリーブされる。そして、この畳み込み符号化およびインタリーブにより得られた信号系列 $d3$, $d4$ と、上記速度変換器31から出力された他の1ビットの信号系列 $a1$ とが、適応多値変調マッピング回路4において8PSK方式に応じてマッピングされたのち送信される。

【0039】したがって、このときの周波数利用効率は、符号化率 $r = 3/4$ の畳み込み符号化器32で符号化された信号系列と、符号化が行なわれない1ビットの信号系列 $a1$ を送信することになるため、2.5 [bit/sec/Hz]となる。

【0040】一方、強いマルチパスフェージング等が発生して、これにより伝送路状態が著しく劣化したとする。そうすると伝送路状態推定器10の伝送路状態推定値 FS は

$$\beta < \mu_1$$

となる。このため、速度変換器31では $i = 1$ が選択され、また適応多値変調マッピング回路4では上記 $\beta < \mu_1$ に対応する変調方式としてQPSK方式が選択される。

【0041】したがって、伝送路状態が著しく劣化しているときには、速度変換器31からは畳み込み符号化に供する信号系列 $b1$ のみが出力される。そして、この1系統の信号系列 $b1$ は畳み込み符号化器32で畳み込み符号化されたのちインタリーブされ、さらに適応多値変調マッピング回路4でQPSK方式に応じてマッピングされたのち送信される。したがって、このときの周波数利用効率は、符号化率 $r = 3/4$ の畳み込み符号化器32で符号化された信号系列のみが送信されることから、1.5 [bit/sec/Hz]となる。

【0042】以上のようにこの実施の形態では、通信中に伝送路状態推定器10において伝送路の状態を継続的に推定し、この伝送路状態の推定結果 FS を基に、畳み込み符号化に供さずにそのままマッピングに供する信号系列数 i を速度変換器31で適応的に可変設定するとともに、上記伝送路状態の推定結果 FS に応じた変調方式を適応多値変調マッピング回路4で適応的に選択して設定する。そして、このように系列数が適応的に可変設定されたデジタル信号系列を、上記適応的に選択設定された変調方式に応じてマッピングして送信するようにしている。

【0043】したがってこの実施の形態によれば、伝送路状態の推定結果に応じて、伝送路状態が良好なときには変調多値数の多い16PSKあるいは8PSK等の変調方式を用いて伝送情報が送信され、一方伝送路状態がフェージングなどにより劣化したときにはQPSK等の

ように比較的変調多値数の少ない変調方式を用いて伝送情報が送信されることになる。このため、マルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在する劣悪な環境下であっても、高い周波数利用率で情報を無線伝送することが可能となり、これにより無線マルチメディア通信にも十分に適用することができる。

$$\beta = \alpha^2 \frac{E_s}{N_0}$$

但し、 α はレイリーフェージングの振幅成分を表わし、

【0046】

$$f(\alpha) = 2\alpha \exp(-\alpha^2) \quad ; \alpha \geq 0 \quad \dots (7)$$

であるとする。上記第(7)式より、図4に示した対応テーブルの β と i との関係を α を用いて書き直すと、図5ようになる。この図5より、

平均周波数利用率 $\bar{\eta}$ は、

$$\bar{\eta} = 1.5 \int_0^{v_1} 2\alpha \exp(-\alpha^2) d\alpha + 2.5 \int_{v_1}^{v_2} 2\alpha \exp(-\alpha^2) d\alpha + 3.5 \int_{v_2}^{\infty} 2\alpha \exp(-\alpha^2) d\alpha \quad \dots (9)$$

で求められる。但し、

【0048】

$$v_k = \sqrt{\frac{\mu_k}{E_s/N_0}} \quad ; k=1, 2 \quad \dots (10)$$

で表わされる。

【0049】なお、平均周波数利用率とは1Hz1sec当りに伝送できるビット数を表わすものである。図6は、上記第(9)式および第(10)式を用いてこの発明の平均周波数利用率を具体的に計算し、同じ条件の元で計算した従来方式と比較して示した特性図である。同図において、Aがこの発明による特性を示すものであり、図示するごとく従来方式を示したBに比べて高い周波数利用率が得られることがわかる。

【0050】なお、この発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、上記実施の形態では伝送路状態の推定を復調器6にて得られる受信信号の振幅値を基に行なったが、トレリス復号器8において得られるビット誤り率BERを基に伝送路状態を推定するようにしてもよい。

【0051】また、上記実施の形態では畳み込み符号化器32の符号化率 r を $r=3/4$ に設定した場合について述べたが、符号化率 r は第(1)式に示した範囲内で任意に設定することが可能であり、システム要求に応じて任意に設定すればよい。この符号化率 r を変換することにより帯域拡大率を容易に変換することが可能である。

【0052】さらに、多値変調方式としてはPSK方式

【0044】この実施の形態による効果を従来方式と比較して表わすと次のようになる。すなわち、いま例えば伝送路状態推定値 β を所定のタイミングにおける瞬時SNRとすると、 β は次式で表わすことができる。

【0045】

【数6】

【0047】

【数8】

【数9】

の他に例えばQAM方式を適用してもよく、その他誤り訂正符号化方式や伝送路状態の推定方式等についても、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施可能である。また、この発明は、デジタル携帯電話システムなどの地上無線通信システム以外に、例えば低軌道上を周回する通信衛星を介して地球局間で通信を行なう衛星通信システムで使用されるデジタル無線通信装置に適用してもよい。

【0053】さらに、符号化率 $1 > r > (m-i-1)/(m-i)$ を満たす畳み込み符号化器を実現する手段としては、符号化率 $(m-i-1)/(m-i)$ の畳み込み符号化器にパンクチャド符号を用いたものが考えられる。

【0054】さらに、マッピングを実現する手段としては、Double-Gray マッピング以外に、セット・パーティショニングに基づくマッピングや、Sectorized-Gray マッピングに基づくマッピングが適用可能である。

【0055】

【発明の効果】以上詳述したようにこの発明では、無線伝送中に、相手通信装置からの受信信号を基に上記無線伝送路の状態を推定し、この伝送路状態の推定結果に基づいて、送信すべきデジタル信号系列数 m および多値変調方式を適応的に可変設定し、この適応的に可変設定

されたデジタル信号系列数 m および多値変調方式により情報を符号化多値変調して無線伝送するようにしたことによって、マルチパス・フェージングやシャドウイング等が存在する劣悪な環境下においても大容量の情報を高信頼性でかつ高速度に無線伝送することができ、これにより無線マルチメディア通信に好適な符号化多値変調方式を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明に係わる符号化多値変調方式を適用したデジタル無線通信装置の送受信機部の一実施の形態を示す回路ブロック図。

【図 2】図 2 に示した装置の要部構成を示す回路ブロック図。

【図 3】図 2 に示した装置の具体的動作例を示す回路ブロック図。

【図 4】伝送路状態推定値と信号系列数 i 、変調方式および周波数利用効率との対応関係を表わした図。

【図 5】伝送路状態推定値と信号系列数 i 、変調方式および周波数利用効率との対応関係の他の例を表わした

【図 4】

伝送路推定値	i	変調方式	周波数利用効率
$\beta < \mu_1$	0	QPSK	1.5
$\mu_1 < \beta < \mu_2$	1	8PSK	2.5
$\mu_2 < \beta$	2	16PSK	3.5

【図 5】

伝送路推定値	i	変調方式	周波数利用効率
$0 < \alpha \leq \sqrt{\mu_1 / \frac{E_s}{N_0}}$	0	QPSK	1.5
$\sqrt{\mu_1 / \frac{E_s}{N_0}} \leq \alpha \leq \sqrt{\mu_2 / \frac{E_s}{N_0}}$	1	8PSK	2.5
$\sqrt{\mu_2 / \frac{E_s}{N_0}} \leq \alpha \leq \infty$	2	16PSK	3.5

図。

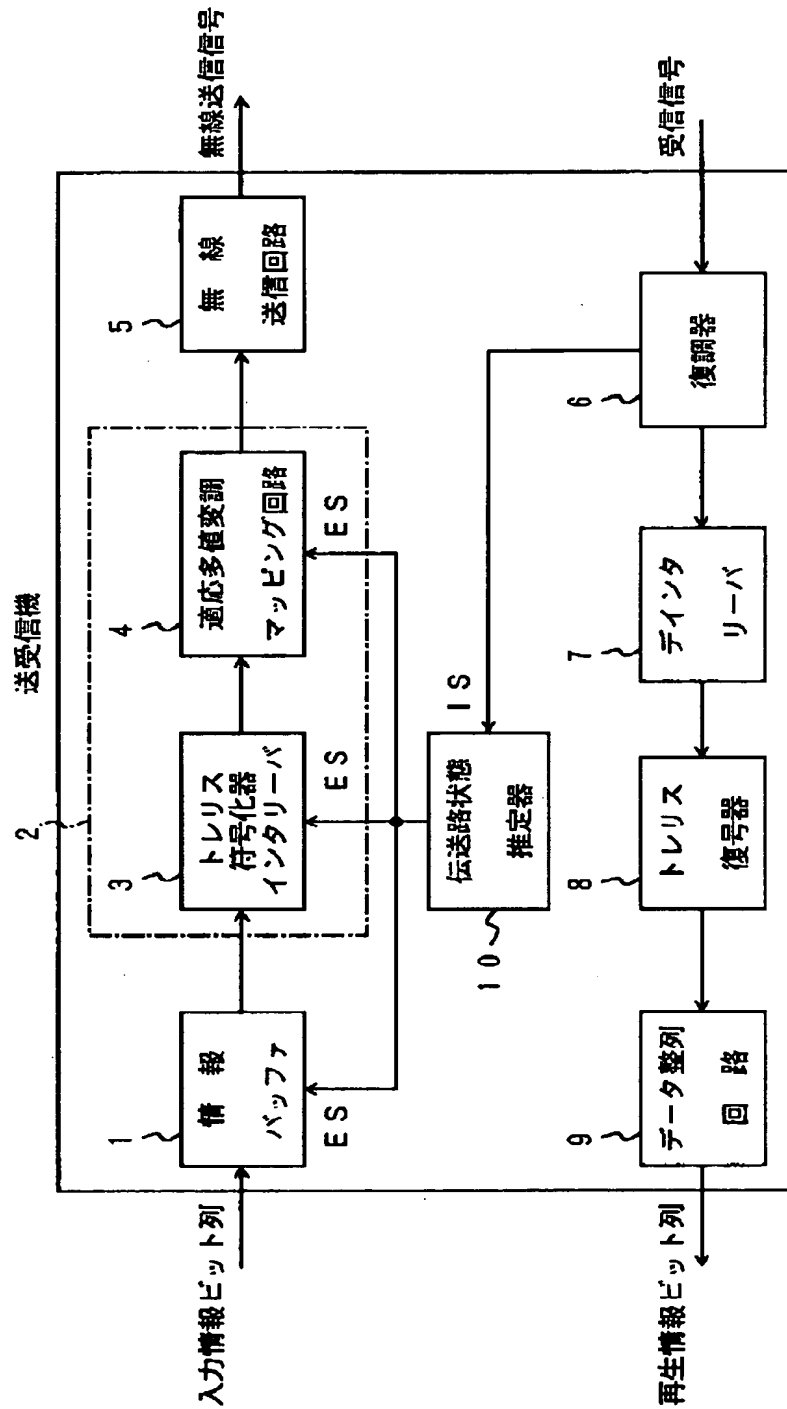
【図 6】この実施の形態の方式による効果を従来方式と比較して示した図。

【図 7】ダブルグレーコードのコンスタレーションを示した図。

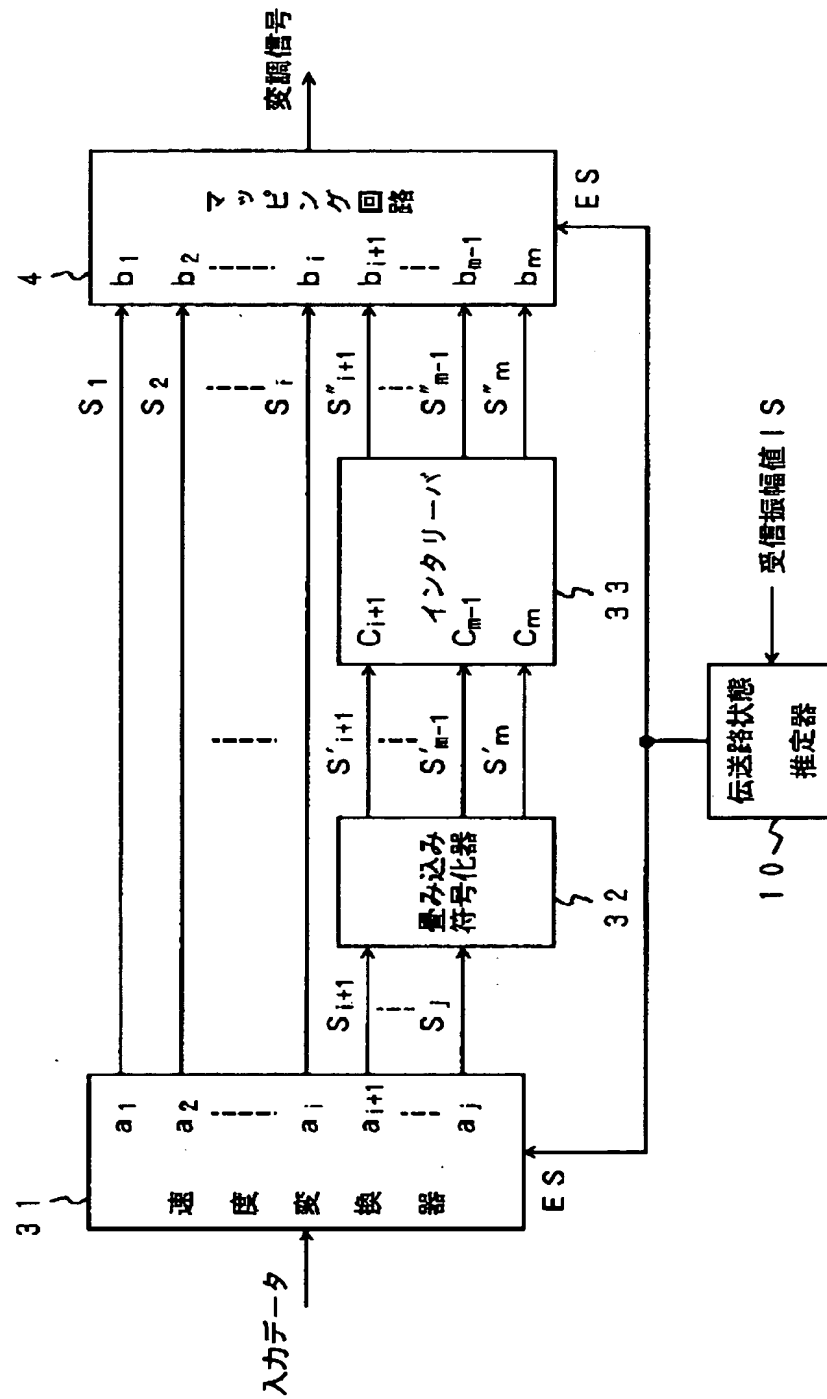
【符号の説明】

- 1…情報バッファ
- 2…符号化・変調部
- 3…トレリス符号化・インタリーバ
- 4…適応多値変調マッピング回路
- 5…無線送信回路
- 6…復調器
- 7…デインタリーバ
- 8…トレリス復号器
- 9…データ整列回路
- 10…伝送路状態推定器
- 31…速度変換器
- 32…畳み込み符号化器
- 33…インタリーバ

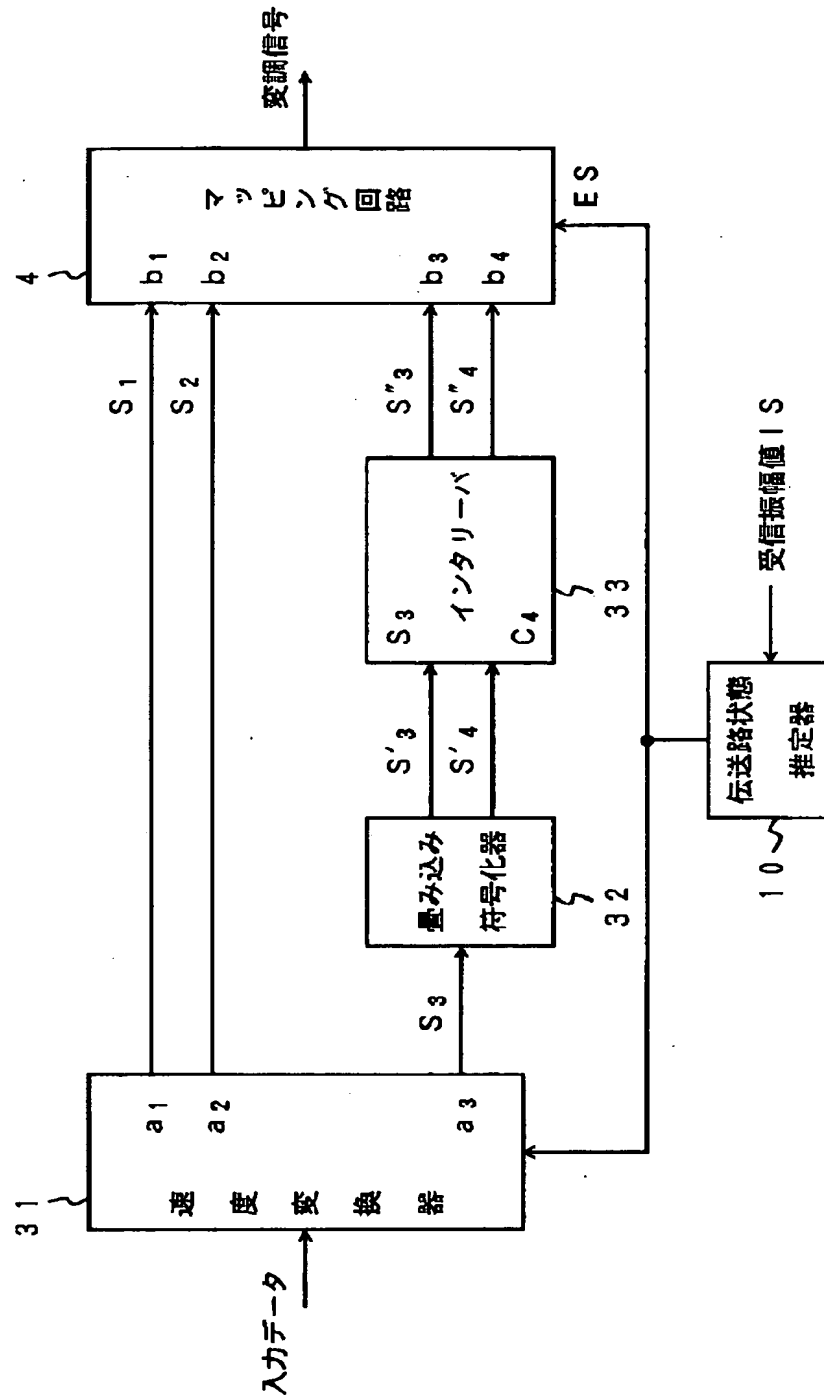
【図 1】



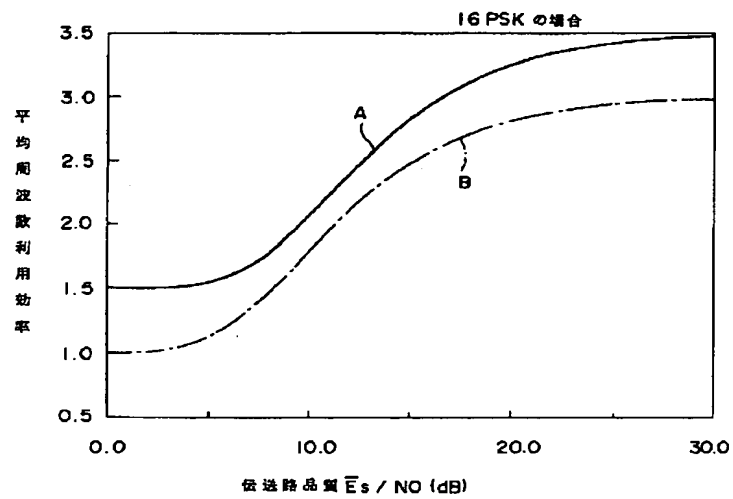
【図 2】



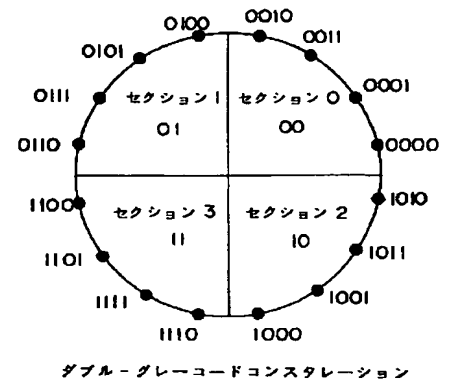
【図 3】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 4 L 27/34

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 L 27/00

技術表示箇所

E